

Martschinke, Sabine

**Der Aufbau mentaler Modelle durch bildliche Darstellungen. Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht der Grundschule**

*Zeitschrift für Pädagogik 42 (1996) 2, S. 215-232*



Quellenangabe/ Reference:

Martschinke, Sabine: Der Aufbau mentaler Modelle durch bildliche Darstellungen. Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht der Grundschule - In: Zeitschrift für Pädagogik 42 (1996) 2, S. 215-232 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-106531 - DOI: 10.25656/01:10653

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-106531>

<https://doi.org/10.25656/01:10653>

in Kooperation mit / in cooperation with:

**BELTZ JUVENTA**

<http://www.juventa.de>

**Nutzungsbedingungen**

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

**Terms of use**

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

**Kontakt / Contact:**

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

# Zeitschrift für Pädagogik

Jahrgang 42 – Heft 2 – März/April 1996

## *Essay*

- 149 FRITZ OSTERWALDER  
Zum 250. Geburtstag Pestalozzis – rationale Argumentation oder  
Kult des Pädagogischen

## *Thema: Wissensstrukturierung im Unterricht*

- 167 WOLFGANG EINSIEDLER  
Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissens-  
repräsentation und ihre Anwendung im Unterricht
- 193 WOLFGANG SCHNOTZ/THOMAS ZINK/MICHAEL PFEIFFER  
Visualisierungen im Lehr-Lern-Prozeß
- 215 SABINE MARTSCHINKE  
Der Aufbau mentaler Prozesse durch bildliche Darstellungen.  
Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmals-  
dimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht  
der Grundschule

## *Thema: Allgemeine Pädagogik*

- 235 JÜRGEN OELKERS  
Die Erziehung zum Guten: Legitimationspotentiale Allgemeiner  
Pädagogik
- 255 EWALD TITZ  
Exodus und Pädagogik. Die Exodus-Erzählung als Grundmuster der  
kritischen Bildungstheorie Heydorns
- 277 KLAUS MOLLENHAUER  
Über Mutmaßungen zum „Niedergang“ der Allgemeinen Pädagogik –  
eine Glosse

## *Diskussion*

- 289 HORST RUMPF  
Fixierungen und Wahrnehmungsschwächen. Replik auf Beiträge von  
Klaus Prange und Jürgen Diederich zum Thema „Kritik  
didaktischer Moden“

## *Besprechungen*

- 297 CRISTINA ALLEMANN-GHIONDA  
*Georg Auernheimer*: Einführung in die interkulturelle Erziehung  
*Wolfgang Nieke*: Interkulturelle Erziehung und Bildung.  
Wertorientierungen im Alltag
- 303 HEINZ-ELMAR TENORTH  
*Georg Bollenbeck*: Bildung und Kultur. Glanz und Elend eines  
deutschen Deutungsmusters
- 305 PETER DREWEK  
*Martin Schmeiser*: Akademischer Hasard. Das Berufsschicksal des  
Professors und das Schicksal der deutschen Universität 1870–1920.  
Eine verstehend soziologische Untersuchung

## *Dokumentation*

- 309 Pädagogische Neuerscheinungen

# Der Aufbau mentaler Modelle durch bildliche Darstellungen

*Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht der Grundschule*

## *Zusammenfassung*

In dieser empirischen Studie wurden bildliche Darstellungen entlang den Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit variiert und auf ihre Eignung für den Wissenserwerb bei Grundschulkindern geprüft. Als theoretischer Rahmen dient der Ansatz der mentalen Modelle, der geeignet erscheint, den Zusammenhang zwischen externer Darbietung und interner Repräsentation von Wissen zu klären. Die Aussagen werden mit kognitionspsychologischen Überlegungen zum Format und zu den Prozessen der Konstruktion sowie Rekonstruktion der internen Repräsentation verbunden. – Da eine vollständige Zufallszuordnung der Schüler zu den Bildvarianten nicht möglich war, wurde die Lesefähigkeit als Gruppenbildungsvariable einbezogen. Die regressionsanalytische Auswertung erbrachte, daß die Schüler, die mit hochelaborierten und hochstrukturierten Bildern lernten, die besten Lernergebnisse erzielten. Zur weiteren Interpretation wurden zusätzlich qualitative Ergebnisse einzelner Schüler mittels einer Struktur-Legetechnik ausgewertet.

Lernen wird – in der Didaktik unbestritten – durch Medien gestützt. Der Erkenntnisstand der empirischen Medienforschung kann nach 40 Jahren Forschungsarbeit allerdings nur als niedrig angesehen werden. Auch wenn die empirische Suche nach dem besten Medium ergebnislos verlief, gilt speziell in der Illustrationsforschung der Bildvorteil als empirisch abgesichert; in Metaanalysen konnte durch das Aggregieren einer Vielzahl von Untersuchungen (z. B. über 100 bei LEVIN/ANGLIN/CARNEY 1987; 55 bei LEVIE/LENTZ 1982) nachgewiesen werden, daß durch die Ergänzung von Texten durch Bildmaterialien Lerner besser abschnitten als mit „Nur-Text-Angeboten“.

Die Frage, wie Bilder gestaltet sein sollen, um auch komplexes, strukturiertes Wissen aufzubauen, bleibt allerdings empirisch unbeantwortet, da in vielen Einzeluntersuchungen bis dato relativ willkürlich und theorielos Einzelmerkmale von Bildern (z.B. Farbe, Größe, Realismusgrad usw.) variiert wurden.

Als Alternative in der Forschungsarbeit gelten seit der kognitiven Wende Modelle der Wissensrepräsentation als geeignete theoretische Basis für die Suche nach Hypothesen. Für die vorliegende Untersuchung<sup>1</sup> wurde der Ansatz der mentalen Modelle gewählt. Damit werden zwei Zielrichtungen mit unterschiedlichem Erkenntnisinteresse verfolgt: Es wird gefragt, wie effektiv verschiedene externe Modelle in Form von Bildmaterialien für die mentale Modellbildung sind und ob das gewählte psychologische Modell der Wissensrepräsentation zumindest eine „nützliche Fiktion“ (ZIMMER/ENGELKAMP 1988,

<sup>1</sup> Die Untersuchung wurde im Rahmen eines Dissertationsprojekts durchgeführt. Zusätzliche Informationen, besonders auch weitere Auswertungsergebnisse, können der Langfassung (bei der Autorin einzusehen) entnommen werden.

S. 131) für diese didaktische Fragestellung darstellt, auch wenn eine Antwort auf die Frage nach Struktur und Format von Wissen empirisch nicht beweisbar ist.

### *1. Der Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells*

Die Befundlage zu mentalen Modellen ist unter didaktischer Perspektive noch wenig gewinnbringend. Deswegen sollen im folgenden theoretische Annahmen zum Lernen mit Bildern auf den Aufbau und Abruf mentaler Modelle bezogen werden. Damit werden mentale Modelle nicht nur unter dem strukturell-statischen Aspekt des Repräsentationsformats betrachtet, sondern es sollen durch die Einbettung in das Informationsverarbeitungsmodell auch Annahmen über wesentliche Prozesse der Verarbeitung und des Abrufs für das Lernen modelliert werden. Abbildung 1 zeigt die drei Zustandsformen der Modellbildung, die beim Lernen durchlaufen werden:

- das externe Modell (in der vorliegenden Untersuchung die Bildmaterialien),
- das (interne) mentale Modell, in dem das vom Lerner angeeignete Wissen intern repräsentiert wird,
- das Arbeitsmodell, in dem das mentale Modell aktiviert und als Vorstellung vor dem inneren Auge sichtbar gemacht werden kann.

Die theoretischen Überlegungen zum mentalen Modell und zum Arbeitsmodell sind Thema der folgenden zwei Abschnitte dieses ersten Kapitels. Wie diese theoretischen Überlegungen im externen Modell didaktisch wirksam werden können, wird in Teil 2 behandelt. Eine empirische Überprüfung erfolgt in Teil 3.

#### *1.1 Mentale Modelle als analoge Modelle der Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis*

Darstellungen der Wissensrepräsentation unterscheiden explizit oder implizit zwischen propositionalen und analogen Modellen (z. B. JOHNSON-LAIRD 1983; TERGAN 1986; MANDL/SPADA 1988; OPWIS/LÜER 1994). Die Einordnung mentaler Modelle in die analogen Formen der Wissensrepräsentation ist nicht zuletzt wegen der den mentalen Modellen zugeschriebenen Bildhaftigkeit unbestritten. Lernen, verstanden als Konstruktion eines mentalen Modells, beinhaltet demnach ein Analogieverhältnis zwischen externer und interner Repräsentation, das es näher zu spezifizieren gilt. Besonders bei visuellen Lerninhalten stellt man sich Analogie als Ähnlichkeit in den Oberflächenmerkmalen vor (WEIDENMANN 1994, S. 39). Um das Lernen komplexer Sachverhalte zu erklären, müssen über das „Bild“ von der Wirklichkeit und ihren Objekten hinaus Strukturmerkmale abgebildet werden (vgl. WEIDENMANN 1994; HÄNGGI 1989). Auch unter modelltheoretischer Perspektive ist es im Gegensatz zur umgangssprachlichen Verwendung entscheidend, daß die Beziehung zwischen

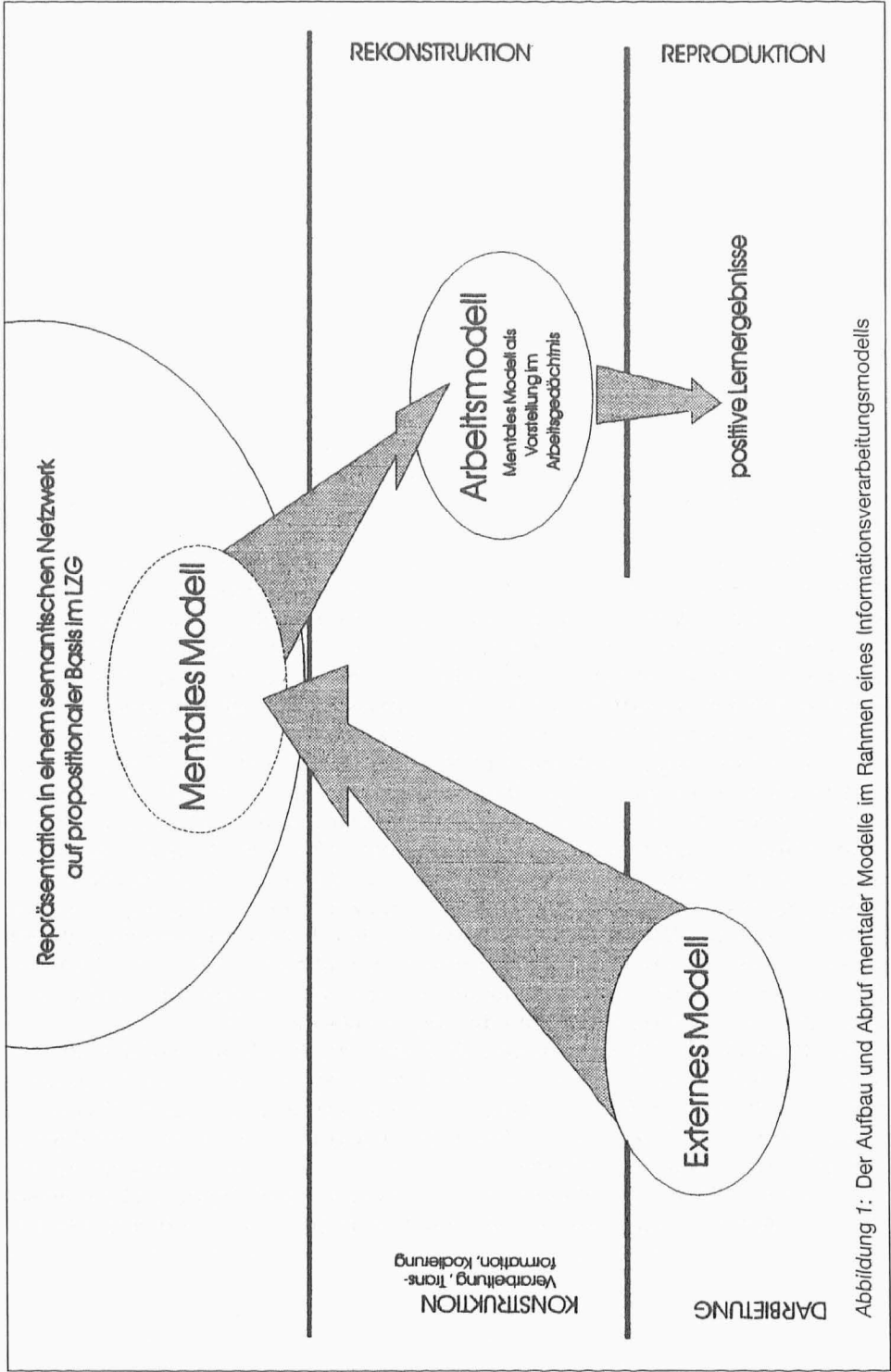


Abbildung 1: Der Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells

Modell und Realität durch die strukturelle Ähnlichkeit in den Elementen und Relationen gekennzeichnet ist (vgl. SEEL 1986, S. 392). Das betrifft aber nicht nur visuelle, räumlich-figural darstellbare Inhalte; auch logische, zeitliche und kausale Zusammenhänge oder auch quantifizierbare Aussagen können „über eine Transformation auf einer räumlichen Dimension abgebildet werden“ (STEINER 1988, S. 100).

Für ein besseres Verständnis der Feinstruktur und der Generierung von mentalen Modellen ist der bereits sehr ausgereifte Ansatz von DE KLEER und BROWN (1983) geeignet, der durch das Augenmerk auf die mentale Modellbildung und auf das „envisioning“ im Sinne von Veranschaulichung (z. B. bei STEINER 1988, S. 113) auch unter didaktischer Perspektive interessant ist. Lernen im Sinne DE KLEERS und BROWNS heißt, daß durch komplexe Schlußfolgerungsprozesse, die auf der Basis von Wissen über Elemente eines Realitätsausschnittes, deren Attribute und ihre möglichen Zustandsänderungen stattfinden können, die Funktionsweise eines Systems verstanden und repräsentiert werden kann. Erst wenn der Lernende neben der analogen Repräsentation der Elemente und Relationen ihr Zusammenspiel in der „verstandenen Ganzheit“ (STEINER 1988) erfaßt hat, hat er ein mentales Modell über ein Bezugssystem aufgebaut.

Damit ist diese Position unvereinbar mit der Annahme BREWERS (1987) oder GLENBERGS und LANGSTONS (1992), die mentale Modelle nur als flüchtige Konstruktionen des Arbeitsgedächtnisses ansehen und nicht als eine Möglichkeit der Langzeitrepräsentation. Auch wenn DUTKE (1993 a, b) durch eigene Untersuchungen nachweisen kann, daß eine propositionale Textrepräsentation nicht automatisch wegfällt, wenn ein mentales Modell aufgebaut worden ist, widerlegen diese Ergebnisse nicht, daß mentale Modelle zur langfristigen Speicherung herangezogen werden können. Auch andere empirische Untersuchungen (SANFORD/GARROD 1981; COLLINS/BROWN/LARKIN 1980; PERRIG/KINTSCH 1985; PERRIG 1988) bestätigen, daß Lernen nicht nur als Aufbau einer Propositionenliste erklärt werden kann. Bestimmte Inferenzleistungen können nur aufgrund eines Situationswissens erbracht werden, das nicht allein durch eine Textrepräsentation zustande gekommen sein kann. Die Autoren nehmen an, daß ein Austausch zwischen den einfließenden Textinformationen und dem sogenannten Weltwissen als Erfahrungswissen stattfindet. Auch VAN DIJK und KINTSCH (1983) betrachten sogenannte Situationsmodelle als interaktiven Gegenpart zu einer propositionalen Textrepräsentation.

Mit Blick auf die Repräsentationstheorien (vgl. den Beitrag von EINSIEDLER in diesem Heft) erscheint es eher plausibel, eine „Ganzheit“ in Form eines mentalen Modells auch im Langzeitgedächtnis anzunehmen; nur so lassen sich das schnelle Operieren mit mentalen Modellen und ihre Leistungsfähigkeit erklären. Bei jedem Abrufvorgang die jeweilige ganzheitliche Struktur aus den gespeicherten Propositionen neu zu konstruieren wäre aufgrund der notwendigen Schlußfolgerungsprozesse mit zu hohem mentalen Aufwand verbunden.

## 1.2 Das Arbeitsmodell als Vorstellung im Arbeitsgedächtnis

„Mentale Modelle ermöglichen Individuen, Inferenzen zu ziehen, Vorhersagen zu machen, Phänomene zu verstehen, Entscheidungen über Handlungen zu treffen und ihre Ausführung zu überwachen sowie – als herausragendes Merkmal – Ereignisse stellvertretend zu erfahren. Mittels mentaler Modelle ist es möglich, das Verhalten dynamischer Systeme sowie Handlungsvollzüge im Umgang mit diesen Systemen ‚vor dem geistigen Auge‘ zu simulieren“ (MANDL/FRIEDRICH/HRON 1988, S. 146). Über die Möglichkeit, ein Modell „laufen“ zu lassen (DE KLEER/BROWN 1983), erhält das Modell seine Funktionalität. Voraussetzung für dieses Operieren mit mentalen Modellen ist, daß sie beim Abruf wieder aktualisiert, konkretisiert und visuell vorstellbar werden (JOHNSON-LAIRD 1983; HÄNGGI 1989).

ZIMMER und ENGELKAMP (1988, S. 132) sprechen in diesem Zusammenhang von Arbeitscharakteristiken eines mentalen Modells, die auch zum Teil empirisch bestätigt werden konnten. So liegen Belege für die mentalen Vorgänge der Rotation, des mentalen Vergleichs konkreter und abstrakter Quantitäten und des mentalen Abschreitens vor (vgl. z.B. im Überblick ZIMMER 1983; HÄNGGI 1989).

Erklärt werden können diese empirischen Befunde damit, daß wahrnehmungsanaloge Prozesse an diesem Arbeitsmodell ablaufen, die ein „internales psychophysisches Urteil“ (MOYER 1973, S. 183) erlauben. Diese „Bilder im Kopf“ kopieren nicht nur Realität, sondern sie sind „in bedeutungshaltige Bestandteile gegliedert“ (ANDERSON 1989, S. 79) und enthalten bereits die Interpretation durch die Kenntnisse des Individuums, die bei der Konstruktion des mentalen Modells eingeflossen sind. Vorstellungen wären somit als interne Medien des Denkens zu verstehen (AEBLI 1981).

## 2. Bildliche Darstellungen als externe Modelle

### 2.1 Die Bedeutung von Elaboriertheit und Strukturiertheit als lernförderlichen Bildmerkmalen

Für das eigene Projekt sind die Annahmen zentral, daß das externe Modell entscheidend für die Güte eines internen Modells ist (vgl. PERRIG 1988) und „daß sich mentale Modelle in jedem Fall stark auf bildliche Vorstellungen stützen“ (WEIDENMANN 1991, S. 59). WINN (1988) beschreibt besonders Graphiken im weitesten Sinne eine entscheidende Unterstützungsfunktion beim Aufbau mentaler Modelle zu, da sowohl Graphiken als auch mentale Modelle Elemente und Relationen enthalten, die in visualisierter Form vorliegen.

In 20 Jahren Medienforschung konnte gezeigt werden, daß der Realismusgrad eines Bildes nicht lernentscheidend ist, sondern daß Bilder ihre Wirksamkeit am höchsten entfalten, wenn das kognitive System Hilfen zur Repräsentation, Organisation und Interpretation des dargestellten Wissens angeboten bekommt (vgl. Metaanalyse von LEVIN/ANGLIN/CARNEY 1987). Neben realistischen Bildern, wie z. B. Fotos, Abbildern o. ä., sollte das gesamte



Kontinuum über die logischen Bilder bis hin zu Wörtern genutzt werden (vgl. WINN 1987).

Bilder entfalten nach den Kernannahmen des Informationsverarbeitungsmodells ihre Funktionalität am besten, wenn gezielte Hilfen einerseits zur Interaktion mit dem Erfahrungswissen und andererseits zur Konstruktion einer strukturierten Ganzheit angeboten werden. Zur Beschreibung der entsprechenden Bildmerkmale im externen Modell können die noch zu explizierenden Begriffe *Elaboriertheit* und *Strukturiertheit* verwendet werden.

Die Begriffswahl zeigt, daß es vorrangig um Merkmale der Bildmaterialien geht und nicht wie bei den Begriffen *Elaboration* und *Strukturierung* um die Art der kognitiven Verarbeitung. Es wird vermutet, daß mit der Gestaltung oder Auswahl von Bildmaterialien nach den Merkmalen *Elaboriertheit* und *Strukturiertheit* die entsprechenden psychischen *Elaborations-* und *Strukturierungsprozesse* beeinflußt werden können.

## 2.2 *Elaboriertheit als Bildmerkmal*

„Die Position, daß eine elaborative Informationsverarbeitung das Gedächtnis unterstützt, ist einleuchtend und repräsentiert den gegenwärtigen Forschungsstand“ (WESSELS 1990, S. 159). Wie durch besonders detailreiche, an das Vorwissen anknüpfende Bildmaterialien eine elaborierte Verarbeitung und Modellbildung gefördert werden kann, soll im folgenden geklärt werden.

Bestimmte Parallelen zwischen dem Ansatz der mentalen Modelle und der „Dual-code“-Theorie von PAIVIO (vgl. dazu SADOWSKI/PAIVIO/GOETZ 1991) weisen auf die Unterstützungsfunktion von möglichst konkreten Bildern beim Lernen hin. Durch die darin enthaltene redundante Information, in unterschiedlichen Codes dargeboten, können „zusätzliche Informationen im Gedächtnis kodiert werden, die einerseits eine größere Zahl von Abrufwegen zur Verfügung stellen und darüber hinaus die Grundlage bilden, um die zu erinnernden Informationen zu erschließen“ (ANDERSON 1989, S. 160).

Von der Lernerseite aus bedarf es bei hochelaborierten Darstellungen auch weniger Transformationsaufwand zwischen der Realität und dem externen Modell, damit geht ein natürliches Bildverstehen (WEIDENMANN 1988) mit geringerem „mental effort“ einher.

Zusätzlich kann durch elaborierte Bildmaterialien Vorwissen aktiviert, Vorwissenslücken können geschlossen werden, zumindest findet aber eine Anreicherung der Wissensstruktur durch vielfältige Verknüpfungen statt. So können sich Szenarien im obengenannten Sinne entwickeln, die zusätzliche, alternative Abrufwege (ANDERSON 1989) bzw. Ableitungsmöglichkeiten für die Rekonstruktion eines mentalen Modells bereitstellen.

ANDERSON leitet aus verschiedenen Untersuchungen ab, daß Elemente des Kontextes mit Gedächtnisinhalten assoziiert werden und die Gedächtnisleistung steigt, wenn diese Kontextelemente präsent sind (vgl. ANDERSON 1989, S. 177).

Die Unterstützung des Verstehens und Behaltens wird am ehesten von inhaltsgeleichen, konkret veranschaulichenden Darstellungen erfüllt, die reale Gegenstände oder Situationen komplex und detailreich abbilden. „Je größer

die Zahl der analysierten Attribute eines Items ist, um so elaborierter hat man es enkodiert“ (WESSELS 1990, S. 158); WESSELS gibt damit dem Konzept der Elaboriertheit den Vorzug vor dem Modell der Verarbeitungstiefe (CRAIK/LOCKHART 1972) und verbindet es mit dem Begriff der Distinktivität; so führte in einer Untersuchung von BATTIG und EINSTEIN (1977, zit. bei WESSELS 1990, S. 158) die Analyse mehrerer Attribute eines Items zu einer besseren Behaltensleistung, als wenn nur ein Attribut enkodiert worden war. Das läßt sich erklären, wenn man annimmt, daß bei Kenntnis vieler Attribute der Gegenstand oder die Situation diskriminierbar wird von anderen (ähnlichen) Gegenständen oder Situationen; durch die wachsende Trennschärfe oder Distinktivität kann die Erinnerungsleistung gesteigert werden.

Zumindest die Wirksamkeit kognitiver Elaborationen bei Selbstproduktion konnte in Untersuchungen von BORROW und BOWER (1969) bzw. von STEIN und BRANSFORD (1979) bestätigt werden. Eine empirische Überprüfung der Effektivität des Bildmerkmals Elaboriertheit steht noch aus.

Für die Untersuchung wird daraus die erste Annahme abgeleitet: Je elaborierter und damit distinktiver die Information im externen Modell angeboten wird und je mehr aktive Elaborationen in Form von Verknüpfungen mit dem Vorwissen das Modell herausfordert, desto größer ist die Erinnerungsleistung.

### *2.3 Strukturiertheit als Bildmerkmal*

Die Anreicherung der Wissensstruktur durch Elaborationen führt zu einer vermehrten Belastung des kapazitätsbegrenzten Arbeitsgedächtnisses. Strukturierende Maßnahmen sollen dieser Überlastung des Gedächtnisses entgegenwirken. Anstelle des in der Untersuchung verwendeten Begriffs Strukturiertheit sprechen WESSELS (1990), MANDL, FRIEDRICH und HRON (1988) und ANDERSON (1989) von Organisation, STEINER (1988) verwendet als gegenläufigen Begriff zu Elaboriertheit „Reduktion“.

In erster Linie soll aber Information nicht nur weggelassen werden, wie der Begriff Reduktion vermuten lassen könnte. Vielmehr soll Information verdichtet werden; d.h., durch Weglassen unwichtiger und die Betonung wichtiger Information soll eine abstrakte Makrostruktur als Kondensat der aufgenommenen Informationen entstehen (vgl. MANDL/FRIEDRICH/HRON 1988). Mit dem Strukturbegriff wird darüber hinaus zum Ausdruck gebracht, daß es nicht nur um die Wiedergabe der Elemente eines Wissensgebietes geht, sondern daß z.B. Relationen zwischen den Elementen (z.B. durch die Anordnung bildlicher oder sprachlicher Elemente in Spalten, Reihen, Tabellen) ausgedrückt werden können.

Allerdings muß bei diesem indikatorischen Bildverstehen zweiter Ordnung (WEIDENMANN 1988) mit einem höheren mentalen Aufwand gerechnet werden, da bei logischen Bildern, die mehr als realistische Abbilder strukturelle Zusammenhänge darstellen, die Oberflächenmerkmale in hohem Maße konventionalisiert sind. Es müssen die sogenannten Steuerungskodes beachtet werden, die die „Rezeption des visuellen Arguments lenken“ (WEIDENMANN 1994, S. 23) sollen. Damit treten besonders an jüngere Lerner, an die sich die

vorliegende Untersuchung wendet, höhere Anforderungen heran. Ein Beispiel für eine effektive Strukturierungsform beim Lernen ist die Hierarchisierung. Dazu liegen Ergebnisse von WESSELS (1990) und von BOWER, CLARK, LESGOLD und WINZENZ (1969) vor. Auch ohne externen Einfluß versuchen Lerner, Wissenseinheiten zumindest zu gruppieren, wie in dem klassischen Experiment von BOUSFIELD (1953) gezeigt werden konnte.

Als Erklärung für den Erfolg einer solchen Gruppenbildung, die Verbindungen zwischen verschiedenen Items herstellt, zieht WESSELS (1990) die vermehrten Abrufwege zu einer Gruppe bzw. die Steuerungsmöglichkeiten beim Erinnern entlang der organisierten Struktur heran. Die hier wirksame Lernfunktion von Bildern ist die organisierende und interpretierende. Man kann vermuten, daß durch Strukturierungsmaßnahmen nicht nur die Behaltensleistung verbessert, sondern zusätzlich auch der Verstehensprozeß unterstützt wird.

Als zweite Annahme wird abgeleitet, daß, je strukturierter die Information im externen Modell dargeboten wird, eine um so bessere Verstehens- und langfristige Behaltensleistung erwartet werden kann.

### 3. *Empirische Untersuchung*

#### 3.1 *Fragestellung und Hypothese*

Die Forschungsfrage, wie Bildmaterialien gestaltet sein müssen, damit leistungsfähige mentale Modelle aufgebaut werden können, soll unter dem Aspekt der Elaboriertheit und Strukturiertheit mit folgender Hypothese empirisch beantwortet werden: Probanden, die mit Bildmaterialien der Merkmalskombination „elaboriert und strukturiert“ arbeiten, erzielen bessere Lernergebnisse als Probanden, die mit Bildmaterial lernen, das nur eines der Merkmale aufweist.

#### 3.2 *Stichprobe und Untersuchungsablauf*

Die Untersuchung wurde in zehn dritten Klassen an sieben verschiedenen Schulen durchgeführt. Um repräsentative Ergebnisse zu erhalten, wurden Schulen mit sehr unterschiedlicher sozialer Struktur ausgewählt. Insgesamt beteiligten sich 231 Schüler an der Untersuchung. Als Thema wurde der Naturkreislauf „Von der Blüte zur Frucht – vom Kern zum neuen Kirschbaum“ gewählt, der aufgrund der Sachanalyse in sechs Phasen aufgeteilt wurde, die sich in sechs „Bildern“ wiederfinden. Ihre Gesamtanordnung erfolgt in den beiden hochstrukturierten Versuchsbedingungen in Kreisanordnung, in der hochelaborierten Version wird keine explizite Anordnung vorgegeben.

Um die Variable Lesefähigkeit kontrollieren zu können, wurde in jeder der zehn Klassen ein Lesetest (WENDELER 1973) durchgeführt. Eine weitere entscheidende Variable ist die Fähigkeit, „Bilder lesen“ zu können, d.h., die enthaltenen Codes zu dekodieren und zu verstehen. Diese Variable entspricht dem Konzept „visual literacy“ im weitesten Sinne, versucht aber die spezifischen Bedingungen (Medium „Bild“, Darstellung von Elementen und Rela-

tionen, Grundschüler) zu berücksichtigen. Diese Fähigkeit zur Bildverarbeitung wurde erhoben, um zu klären, ob sie Einfluß auf das Lernen mit Bildern nimmt. Dazu wurden Itemgruppen zum Behalten von Bilddetails, zum Verstehen von logischen Bildern einschließlich der entsprechenden Steuerungskodes (Pfeildarstellungen, Über- und Unterordnung von Begriffen usw.) sowie zum mentalen Drehen von Gegenständen speziell für die gewählte Altersgruppe in einem informellen Test zusammengestellt. Um interindividuelle Unterschiede in der Bildlesefähigkeit soweit wie möglich auszuschalten, wurde die Bildverarbeitung intensiviert, einerseits implizit durch Sequenzierung und andere didaktische Maßnahmen (z. B. Fragen zum Bild, Abmalen usw.), andererseits explizit durch die Einführung von Bildverarbeitungsstrategien zum genauen Betrachten (z. B. „Ich fahre mit meinem Finger über jede Einzelheit des Bildes!“) und zum Einprägen (z. B. „Ich schließe die Augen und stelle mir das Bild vor!“). Ebenso wurden die verwendeten konventionalisierten Steuerungskodes thematisiert und geübt.

In sechs Unterrichtseinheiten wurde das eigentliche Treatment durchgeführt. Die Schüler lernten in diesen sechs Lerneinheiten à 45 Minuten mit je nach Treatmentgruppe variierten Bildmaterialien. Aus unterrichtsökologischen Gründen erhielten alle Schüler zu jeder Lerneinheit ein für alle Treatmentgruppen gleiches Textblatt. Nach Einführung in das Arbeiten mit den Materialien konnten die Kinder größtenteils alleine oder mit dem Partner arbeiten. Für das erste Bild wurde zur Einführung der Bildverarbeitungsstrategien eine Doppelstunde benötigt.

Die Lernleistung der Schüler wurde mit einem informellen lernzielorientierten Test gemessen (s. unten). Eine differenzierte Wissensdiagnose mittels der sogenannten Struktur-Lege-Technik (vgl. SCHEELE/GROEBEN 1988) ergänzte die quantitativen Daten. Dazu wurde die Wissensstruktur von drei zufällig ausgewählten Schülern je Treatmentgruppe und pro Klasse externalisiert. Diese Technik scheint über die ursprüngliche Funktion der Erfassung subjektiver Theorien hinaus geeignet zu sein, Wissen zu externalisieren und das Verständnis der Schüler für ein bestimmtes Wissensgebiet einzuschätzen.

Dieses Vorgehen wurde aus folgenden Gründen gewählt: Es wurde visuell gelernt, deswegen scheint es geboten, auch visuell zu prüfen. Außerdem sollte gerade beim Ansatz der mentalen Modelle die erste Frage sein, was von der externen Struktur überhaupt internalisiert wurde. Erst im zweiten Schritt kann gefragt werden, ob und wie ein Schüler das Gelernte anwenden kann, d. h., ob er sich Elemente und die strukturellen Anteile des mentalen Modells vor Augen führen und damit auch operieren kann.

Dieser direktere Weg zur Erfassung der Wissensstrukturen (vgl. ARBINGER 1991) soll außer dem Treatmentvergleich auch zur Interpretation des Gesamtergebnisses sowie einzelner Schülerergebnisse herangezogen werden und didaktische Rückschlüsse auf die Eignung des Materials ermöglichen.

### 3.3 Operationalisierung der Variablen

#### a) Die unabhängige Variable: Drei Treatments

Für die Untersuchung wurden drei Versuchsbedingungen gewählt, die sich in der Ausprägung der beiden Dimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit unterscheiden. Bei Treatment 2 und 3 ist nur je eines der gewählten Bildmerkmale hoch ausgeprägt. In Treatment 1 sind beide Merkmale in hoher Ausprägung kombiniert.

*Treatment 1 (hochelaboriert – hochstrukturiert):* Hierbei ist jedes einzelne Bild mit einer Überschrift (z.B.: Der Kirschbaum blüht, Die Bestäubung usw.) versehen und optisch eingerahmt, um einerseits die hierarchische Struktur explizit zu machen und andererseits die Zusammengehörigkeit der enthaltenen Elemente und Attribute anzuzeigen. Die einzelnen Elemente sind „abgebildet“, d.h. bildlich repräsentiert (z.B. Biene, Blüte usw.), um Vorwissen in Form von Elaborationen zu aktivieren und eine Verbindung mit der vorhandenen Wissensstruktur aufzubauen. Eine Beschriftung wichtiger Elemente unterstützt die Distinktivität der einzelnen Items. Zusätzlich werden implizit (durch Anordnung, Nähe-Entfernung, Größe, Farbe usw.) und explizit (durch unterschiedliche Pfeile, Linien) Hinweise auf die sinngebenden Relationen (hierarchische und Teil-Ganzes-Beziehungen, zeitlich-kausale Relationen, Attributrelationen) gegeben, die erst die Gesamtstruktur ausmachen.

*Treatment 2 (hochstrukturiert – niedrigelaboriert):* Die Elemente werden nur verbal in Blöcken repräsentiert; damit wird vollständig auf die bildliche Darstellung der Elemente verzichtet. Die Anzahl der Elemente und Attribute ist reduziert auf das für das Verstehen notwendige Minimum, nutzt aber die unter Treatment 1 genannten expliziten und impliziten Darstellungstechniken für die Beziehung zwischen den Elementen.

Für beide Treatments kann man aufgrund des Strukturierungsaspekts annehmen, daß sie Hilfen zur Organisation und Interpretation eines Wissensgebietes geben können.

*Treatment 3 (niedrigstrukturiert – hochelaboriert):* Treatment 3 bietet dagegen unter den jeweiligen Überschriften Fotografien an, die Attribute in hoher Anzahl, allerdings wenig trennscharf enthalten; d.h., daß die wesentlichen Elemente bildlich repräsentiert sind und damit als redundante Informationsquelle genutzt werden können. Die strukturierende Funktion bleibt weitgehend unberücksichtigt; eine Ausnahme bilden die zeitlich-lineare Anordnung der sechs Fotografien und ihre Beschriftung.

#### b) Die abhängige Variable

Da die mentale Modellbildung ein interner Vorgang ist, der einer direkten Beobachtung nicht zugänglich ist, wurden Indikatoren abgeleitet, die auf ein funktionsfähiges Modell schließen lassen, z.B.:

- wenn Elemente richtigen Begriffserklärungen zugeordnet werden können (Multiple-choice-Fragen),
- wenn Relationswissen abgerufen werden kann, beispielsweise indem die Schüler die wesentlichen Attribute und Teil-Ganzes-Beziehungen mit den entsprechenden Elementen assoziieren oder zeitlich-kausale Relationen als „Wenn-dann-Sätze“ formulieren können,
- wenn Problemlöseaufgaben beantwortet werden können.

Die insgesamt 30 in Vor- und Hauptuntersuchung gewonnenen Items des Nachtests sind nach Prüfung ihrer Trennschärfen und ihrer Schwierigkeit geeignet für die Messung des Konstrukts. Ein Reliabilitätskoeffizient von .88 ist als für die Leistungsdiagnostik angemessener Wert für die interne Konsistenz einzuschätzen (vgl. DIEHL/KOHR 1987). Der Gesamtscore im Nachtest ist ein Indikator für die Funktionstüchtigkeit des internen Modells.

### 3.4 Untersuchungsdesign

#### a) Der Zufallsblöckeplan

Eine hohe Korrelation zwischen Nachtest und Lesefähigkeit und eine im Vergleich zur aufgeklärten Varianz sehr große Fehlervarianz in der Voruntersuchung<sup>2</sup> ließen eine Parallelisierung der Schüler in der Hauptuntersuchung sinnvoll erscheinen. Man sollte in diesem Fall „nach einer Variablen Ausschau halten, die mit der untersuchten Variablen möglichst eng zusammenhängt. Je höher die Korrelation zwischen beiden Variablen, um so größere Chancen bestehen für eine Reduzierung des Versuchsfehlers bzw. der Restquadratsumme“ (EDWARDS 1973, S. 187); damit wird auch mehr Fehlervarianz gebunden. Die Auswertung folgt den Regeln eines sogenannten Zufallsblöckeplans (vgl. EDWARDS 1973).

Zur Durchführung der Parallelisierung wurde für jede Klasse eine Rangplatzfolge aufgrund der Ergebnisse im Lesetest ermittelt, und es wurden jeweils drei Schüler in leistungsgleichen Gruppen parallelisiert. Innerhalb eines jeden Blocks wurden die jeweils drei Versuchspersonen nach Zufall auf die drei Treatments verteilt. Neun Versuchspersonen wurden aufgrund fehlender Daten bzw. unzureichender Blockbesetzung mit zwei Fehlerten in einem Block nicht berücksichtigt. Um Rangplatzblöcke bei je einer fehlenden Person vollständig besetzen zu können, mußten Fehlwerte für neun Versuchspersonen geschätzt werden (GLASER 1978).

#### b) Quasiexperimentelle Versuchsanordnung

Um die Variation der abhängigen Variablen als Folge der Variation der unabhängigen Variablen eindeutig interpretieren zu können (vgl. BREDENKAMP 1980, S. 1), wurde eine experimentelle Versuchsanordnung angestrebt. Ob-

2 Die Ergebnisse der Voruntersuchung werden hier nur kurz erwähnt, da eine Veröffentlichung (MARTSCHINKE 1993) dazu vorliegt.

wohl die Manipulation der unabhängigen Variablen durch den Versuchsleiter und die Kontrolle der Versuchsbedingungen als Kennzeichen eines Experiments gegeben sind, liegt dennoch eine quasiexperimentelle Versuchsanordnung vor. Im vorliegenden Fall wurde im Feld gearbeitet, d. h., es wurden natürliche Gruppen, die Schulklassen, aus unterrichtsökologischen Überlegungen heraus vorgezogen, eine experimentelle Untersuchung aber fordert zufällig zusammengestellte Gruppen (vgl. BORTZ 1984, S. 30 und 403). Für eine höchstmögliche interne Validität wurde zwar eine Zufallszuweisung der Schüler innerhalb eines jeden Rangplatzblockes vorgenommen, um möglichst nahe an die Anforderungen eines experimentellen Designs heranzukommen; eine randomisierte Zuweisung über die Klassengrenzen hinweg war allerdings nicht möglich. Die Klassenzugehörigkeit wurde deswegen als zweiter Faktor in die Auswertung aufgenommen. Zusätzlich wurde versucht, neben dem Faktor Versuchsbedingung (Treatment) den Einfluß der Lehrperson gering zu halten; d. h., das Treatment wurde ohne direkte Beteiligung der Lehrperson durchgeführt; es wurden nur Arbeitsaufträge zum Bearbeiten des Bild- und Textmaterials in Stillarbeit gegeben.

### 3.5 Ergebnisse

#### a) Regressionsanalytische Auswertung der Nachtestergebnisse<sup>3</sup>

Die Stichprobengröße je Treatment wurde zwar gleich gehalten, aber die Blockanzahl je Klasse variiert zwischen fünf und neun; damit ist – wie immer in einem orthogonalen Design – eine Konfundierung von Haupt- und Interaktionseffekten nicht auszuschließen. Deswegen wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt, die es erlaubt, die Anteile der einzelnen Varianzen an der Gesamtvarianz zu bestimmen und auf Signifikanz zu prüfen (vgl. das Vorgehen bei TREINIES/EINSIEDLER/GLUMPLER 1987).

Um die Blockvariable in ein regressionsanalytisches Design aufnehmen zu können, mußten eigentlich 76 Vektoren für die kategoriale Variable „Block“ gebildet werden; statt dessen wird die von PEDHAZUR (1982) vorgeschlagene sogenannte Kriterienskalierung verwendet, mit der mit einem einzigen Vektor die jeweilige Blockzugehörigkeit gekennzeichnet werden kann.

Bei diesem Vorgehen zeigt sich (unter Berücksichtigung der entsprechenden Prüfvarianzen und Freiheitsgradkorrekturen) folgendes Bild (Tab. 1): Für den Faktor Klasse ergibt sich ein F-Wert von nur knapp über 1. Der F-Wert für die Interaktion Treatment  $\times$  Klasse ist mit einem F-Wert von unter 1 nicht interpretierbar. Für den zweiten Faktor Treatment ist das Ergebnis signifikant: Der F-Wert liegt weit über dem entsprechenden kritischen Wert von 4,79 auf dem 1%-Niveau.

Eine nähere Betrachtung verdienen die prozentualen Varianzaufklärungen, in der Tabelle 1 ablesbar durch Multiplizieren des  $R^2$  mit 100. Der Faktor

<sup>3</sup> Bei der Auswertung ist zu beachten, daß ein Zufallsblöckeplan abhängige Messungen enthält und deswegen wie ein Meßwiederholungsplan behandelt werden muß.

Tabelle 1: Ergebnisse der regressionsanalytischen Auswertung					
Quelle	df	R <sup>2</sup>	SS	MS	F
Klasse	9	.09	859.99	95.55	1.09
Klasse x Treatment	18	.03	252.93	14.05	0.72
Block	67	.59	5877.06		
Treatment	2	.03	328.52	164.26	8.36* p<0,01
Fehler	134	.27	2632.85		

Treatment erzielt eine Varianzaufklärung von 3,3%, der Faktor Klasse sogar einen Anteil von 8,6%.

1. Frage: Unterstützt der berechnete Treatmenteffekt die erwartete Hypothesenrichtung?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Mittelwerte der einzelnen Treatmentgruppen herangezogen werden (vgl. Abb. 2). Die Treatmentgruppe 1 erzielt, wie erwartet, den höchsten Mittelwert. Der Unterschied zu den beiden anderen Treatmentgruppen beträgt mehr als zwei Punkte. Die Treatmentgruppe 2 schneidet noch etwas niedriger als die Treatmentgruppe 3 ab. Die beiden Treatmentgruppen mit nur je einem der beiden Merkmale haben somit ein ähnliches und niedrigeres Resultat erzielt; dagegen erreichte die Treatmentgruppe 1, der das Material hochelaboriert und hochstrukturiert in Kombination vorlag, das eindeutig beste Lernergebnis.

2. Frage: Ist der Treatmenteffekt als Haupteffekt trotz der nachgewiesenen, wenn auch nicht signifikanten Interaktion interpretierbar?

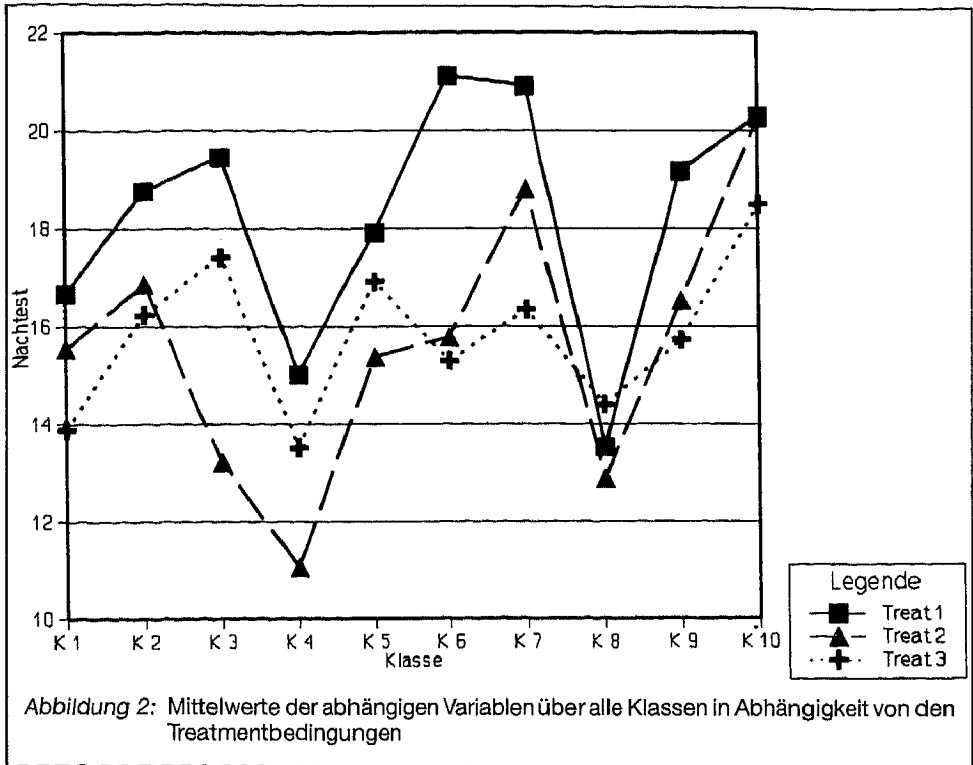
Eine Mittelwertsinspektion der einzelnen Zellen (Abb. 2) macht deutlich, daß die Treatmentgruppe 1 in neun von zehn Klassen den höchsten Wert aufweist. Nur in Klasse acht nimmt Treatment 3 den ersten Rangplatz ein. Die Klasse acht schert insgesamt in allen Leistungsmaßen nach unten aus, so auch im Nachtest; ebenso zeigte sich in der Untersuchung, daß diese Klasse nicht in der Lage war, in der Stillarbeitsphase ihre Aufmerksamkeit auf das Bildmaterial auszurichten. Diese Klasse ist vermutlich als Ausreißer zu betrachten.

Diese Analyse zeigt, daß trotz der Interaktion ein Haupteffekt zumindest in bezug auf Treatment 1 angenommen werden kann.

*b) Ergebnisse der qualitativen Erhebung zur Wissensdiagnose*

Die Analyse der individuellen Wissensstrukturen gibt einige Hinweise, die für die Interpretation des Gesamtergebnisses wesentlich erscheinen. Berücksichtigt wird nur der Vergleich zwischen den beiden hochstrukturierten Treatmentgruppen, weil nur in diesen beiden Fällen das externe Modell vergleichbare Parameter enthält (Anordnung der Gesamtstruktur in Kreisanordnung, explizite Darstellung der hierarchischen und zeitlich-kausalen Relationen usw.).





Die Auswertung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde beschrieben, ob die Gesamtstruktur in ihrer Ganzheit erfaßt wurde; für die hochstrukturierten Versuchsbedingungen heißt das, ob der Kreislaufgedanke erfaßt und der Kreislauf durch die Pfeile für die zeitlich-kausalen Beziehungen geschlossen wurde und ob alle sechs Phasen wiedergegeben wurden. Nur bei zwei Schülern der Treatmentgruppe 2 konnten grundsätzliche Probleme in der Anordnung konstatiert werden.

Im zweiten Schritt wurde jede der sechs Teilstrukturen, im folgenden in der externalisierten Form als Konzeptkarte bezeichnet, in bezug auf bestimmte Diagnoseparameter analysiert und mit Häufigkeitsangaben bzw. Prozentmaßen quantifiziert.

Im Treatmentvergleich fällt auf, daß bei den Externalisierungen der Treatmentgruppe 1 nur für ca. 67% der Konzeptkarten die Aussage zutrifft, daß die Überschrift zu den zugeordneten bildlichen bzw. sprachlichen Elementen paßt, während bei Treatment 2 ca. 81% der Zuordnungen richtig sind. Ebenso schnitten die Schüler der Treatmentgruppe 2 mit ca. 74% besser ab bei der Analysefrage, ob die jeweilige Konzeptkarte am richtigen Ort innerhalb der Kreislaufstruktur liegt; bei den Versuchspersonen der Treatmentgruppe 1 waren es nur ca. 61%. Diese beiden Auswertungsaspekte deuten darauf hin, daß für die Treatmentgruppe 2 der strukturelle Aspekt der zeitlich-kausalen Be-

Tabelle 2: Häufigkeit der richtigen oder falschen Anordnung der Teilstrukturen		
Anordnung	Treatment 1	Treatment 2
falsch oder unvollständig	15.00%	31.17%
teilweise richtig oder unvollständig	48.88%	46.15%
richtig und vollständig	36.11%	16.66%

ziehungen innerhalb des Gesamtkreislaufs und auch der hierarchische Aspekt zwischen übergeordneten Konzepten und untergeordneten Elementen besser internalisiert wurden; trotzdem schnitt diese Gruppe im Nachtest deutlich schlechter ab. Erklärungen hierfür wurden bei der Auswertung der Anordnung innerhalb der einzelnen Teilstrukturen gefunden (Tab. 2).

So gibt es deutliche Unterschiede, wieviel Prozent der Teilstrukturen entweder richtig oder falsch angeordnet wurden. In der Treatmentgruppe 1 wurden nur 15% falsche Anordnungen gefunden, dafür waren aber ca. 36% vollständig und richtig; in der Treatmentgruppe 2 dagegen ist das Verhältnis nahezu umgekehrt; d. h., ca. 37% der Anordnungen waren falsch oder fehlend und nur ca. 17% fehlerfrei und vollständig. Das deutet darauf hin, daß Schüler, die mit hochelaborierten und hochstrukturierten Bildmaterialien gearbeitet haben, die Gesamtstruktur wiedergeben können, jedoch eventuell den strukturellen Aspekten, z. B. der hierarchischen Anordnung, zuwenig Aufmerksamkeit geschenkt haben; dafür können sie durch die vielfältigen Elaborationen, die aufgrund des hohen Bildanteils entstehen können, Elemente besser erinnern und damit die Struktur des mentalen Modells besser entfalten. Dagegen scheint es durch den niedrigen Elaboriertheitsgrad den Schülern des Treatments 2 nicht gelungen zu sein, sich an Einzelheiten zu erinnern bzw. das Kondensat der Struktur wieder zu dekomprimieren.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Grundschüler, so das Ergebnis der Untersuchung, können mit strukturierten Darstellungen komplexes biologisches Wissen erwerben, insbesondere wenn bildhafte Elemente Verknüpfungen mit dem Vorwissen erlauben. Sowohl die quantitativen als auch die qualitativen Ergebnisse unterstützen die Hypothese, daß erst die Kombination von strukturierten und elaborierten Anteilen die Wirksamkeit eines Bildes für bestimmte Inhalte entfaltet.

Ähnliche Ergebnisse fanden MAYER und GALLINI (1990), die aufgrund ihrer Befunde solche Bilder am effektivsten einschätzen, die sowohl die Teile eines Systems in laborierter Form „illustrieren“ als auch entsprechende Beschriftungen für Zustände und Zustandsänderungen enthalten.

Die einseitige Dominanz realistischer Abbildungen oder von Fotografien in Schulbüchern läßt darauf schließen, daß derartige kognitionspsychologische

Überlegungen und Erkenntnisse bislang zuwenig Eingang in die Gestaltung didaktischen Materials gefunden haben. Die laut Ergebnis der eigenen Untersuchung erfolgreiche Kombination hochelaboriert und hochstrukturiert konnte bei einer umfassenden Schulbuchanalyse zum Sachunterricht der Grundschule nur 19% der klassifizierten Fälle von Schulbuchillustrationen zugeordnet werden. Dagegen fanden in ca. 76% der Fälle hochelaborierte und niedrigstrukturierte Bilder Verwendung (JORASCHKY 1994).

Die didaktische Gestaltung von Bildern allein reicht allerdings nicht aus, um effektives Lernen mit Bildern zu ermöglichen. Es ist bekannt, daß „Schüler über geringe Fertigkeiten zur Bildverarbeitung verfügen. Ihre Leistungen im ‚Lesen‘ und Verstehen von Bildern sind schwach. Schüler wie Lehrer müssen den Umgang mit Bildern lernen“ (PETTERSON 1994, S. 224). Die Förderung dieser Fähigkeit müßte dazu führen, daß die Möglichkeiten eines optimal gestalteten Bildes besser ausgenützt werden könnten.

## Literatur

- AEBLI, H.: Zwölf Grundformen des Lernens. Stuttgart 1981.
- ANDERSON, J.R.: Kognitive Psychologie: Eine Einführung. Heidelberg 1989.
- ARBINGER, R.: Wissensdiagnostik. In: K. INGENKAMP/R. S. JÄGER (Hrsg.): Tests und Trends: Jahrbuch der pädagogischen Diagnostik. Weinheim 1991, S. 80–108.
- BALLSTAEDT, S.P./MOLITOR, S./MANDL, H.: Wissen aus Text und Bild. Tübingen 1987.
- BOBROW, S./BOWER, G.H.: Comprehension and recall of sentences. In: Journal of Experimental Psychology 80 (1969), S. 445–461.
- BORTZ, J.: Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler. Berlin 1984.
- BOUSFIELD, W.A.: The occurrence of clustering in recall of randomly arranged associates. In: Journal of General Psychology 49 (1953), S. 229–240.
- BOWER, G.H./CLARK, M.C./LESGOLD, A.M./WINZENZ, D.: Hierarchical retrieval schemes in recall of categorized word lists. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 8 (1969), S. 323–343.
- BREDENKAMP, J.: Theorie und Planung psychologischer Experimente. Darmstadt 1980.
- BREWER, W.F.: Schemas versus mental models in human memory. In: P. MORRIS (Hrsg.): Modelling cognition. Chichester 1987, S. 187–197.
- COLLINS, A./BROWN, J.S./LARKIN, K.M.: Inference in text understanding. In: R.J. SPIRO/B.C. BRUCE/W.F. BREWER (Hrsg.): Theoretical issues in reading comprehension. Hillsdale (NJ) 1980, S. 385–407.
- CRAIK, F.I.M./LOCKHART, R.S.: Levels of processing. A framework for memory research. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 11 (1972), S. 671–684.
- DE KLEER, J./BROWN, J.S.: Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In: D. GENTNER/A.L. STEVENS (Hrsg.): Mental models. Hillsdale (NJ) 1983, S. 155–190.
- DIEHL, J.M./KOHR, H.U.: Deskriptive Statistik. Frankfurt a.M. 1987.
- DIJK, T.A. VAN/KINTSCH, W.: Strategies of discourse comprehension. New York 1983.
- DUTKE, S.: Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens. Göttingen 1993 (a).
- DUTKE, S.: Mentale Modelle beim Erinnern sprachlich beschriebener räumlicher Anordnungen: Zur Interaktion von Gedächtnisschemata und Textrepräsentation. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 9 (1993), S. 44–71 (b).
- EDWARDS, A.L.: Versuchsplanung in der Psychologischen Forschung. Weinheim/Basel 1973.
- GLASER, W.R.: Varianzanalyse. Stuttgart 1978.
- GLENBERG, A./LANGSTON, W.: Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. In: Journal of Memory and Language 31 (1992), S. 129–151.
- HÄNGGI, D.: Visuelle Vorstellungsfähigkeit. Freiburg 1989.
- JOHNSON-LAIRD, P.N.: Mental models. Cambridge 1983.
- JORASCHKY, J.: Elaboriertheit und Strukturiertheit als Merkmalsdimensionen für Schulbuchillustrationen.

- strationen – Eine Untersuchung von Heimat- und Sachkundebüchern der Jahrgangsstufen 1–4. Unveröffentlichte Examensarbeit. Nürnberg 1994.
- LEVIE, W. H./LENTZ, R.: Effects of text illustrations: A review of research. In: Educational Communication and Technology 30 (1982), S. 195–232.
- LEVIN, J. R./ANGLIN, G. J./CARNEY, R. N.: On empirically validating functions of pictures in prose. In: D. M. WILLOS/H. A. HOUGHTON (Hrsg.): The psychology of illustration, Vol. 1. New York 1987, S. 51–85.
- MANDL, H./SPADA, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. München/Weinheim 1988.
- MANDL, H./FRIEDRICH, H. F./HRON, A.: Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb. In: MANDL/SPADA 1988, S. 123–160.
- MARTSCHINKE, S.: Der Aufbau von Wissensstrukturen im Sachunterricht der Grundschule durch unterschiedliche bildliche Präsentationen. Darstellung einer Pilotstudie. In: CH. TARNAL (Hrsg.): Beiträge zur empirischen pädagogischen Forschung. Münster/New York 1993, S. 101–114.
- MAYER, R. E./GALLINI, J. K.: When is an illustration worth ten thousand words? In: Journal of Educational Psychology 4 (1990), S. 715–726.
- MOYER, R. S.: Comparing objects in memory: Evidence suggesting an internal psychophysics. In: Perception and Psychophysics 13 (1973), S. 180–184.
- OPWIS, K./LÜER, G.: Modelle der Repräsentation von Wissen. In: D. ALBERT/K.-H. STAFF (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie. (Themenbereich C: Theorie und Forschung. Serie II: Kognition. Band 4: Gedächtnis.) Göttingen 1994, S. 339–433.
- PEDHAZUR, E. J.: Multiple regression in behavior research. Fort Worth 1982.
- PERRIG, W. J.: Vorstellungen und Gedächtnis. Berlin 1988.
- PERRIG, W. J./KINTSCH, W.: Propositional and situational representation of text. In: Journal of Memory and Language 24 (1985), S. 503–518.
- PETTERSON, R.: Visual literacy and Infology. In: WEIDENMANN 1994, S. 215–235.
- SADOWSKI, M./PATVIO, A./GOETZ, E. T.: A critique of schema theory in reading and a dual coding alternative. In: Reading Research Quarterly 24 (1991), S. 463–484.
- SANFORD, J. A./GARROD, S. C.: Understanding written language: Exploration of comprehension beyond the sentence. New York 1981.
- SCHEELE, B./GROEBEN, N.: Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien. Tübingen 1988, S. 129–141.
- SCHNOTZ, W.: Aufbau von Wissensstrukturen. Weinheim 1994.
- SEEL, N. M.: Wissenserwerb durch Medien und „mentale Modelle“. In: Unterrichtswissenschaft 4 (1986), S. 384–401.
- STEIN, B. S./BRANSFORD, J. D.: Constraints on effective elaboration: Effects of precision and subject generation. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 18 (1979), S. 769–777.
- STEINER, G.: Analoge Repräsentation. In: MANDL/SPADA 1988, S. 99–119.
- TERGAN, S. O.: Modelle der Wissensrepräsentation als Grundlage qualitativer Wissensdiagnostik. Opladen 1986.
- TREINIES, G./EINSIEDLER, W./GLUMPLER, E.: Auswirkungen unterschiedlicher Methoden der Wissensstrukturierung im Unterricht. Berichte und Arbeiten aus dem Institut der Grundlagenforschung. Nürnberg 1987.
- WEIDENMANN, B.: Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern. Bern 1988.
- WEIDENMANN, B.: Mentales Modell – Ikonischer Code. In: Fremdsprache Deutsch 5 (1991), S. 59.
- WEIDENMANN, B. (Hrsg.): Wissenserwerb mit Bildern. Bern 1994.
- WENDELER, J.: Lesen 3. Reihe Stufentests. Weinheim 1973.
- WESSELS, M. G.: Kognitive Psychologie. München 1990.
- WINN, W.: Charts, graphs, and diagrams in educational materials. In: D. M. WILLOS/H. A. HOUGHTON (Hrsg.): The psychology of illustration, Vol. 1. New York 1987, S. 152–198.
- WINN, W.: Die Verwendung von Graphiken für Instruktion: Eine präskriptive Grammatik. In: Unterrichtswissenschaft 3 (1988), S. 58–77.
- ZIMMER, H. D./ENGELKAMP, J.: Informationsverarbeitung zwischen Modalitätsspezifität und propositionalem Einheitssystem. In: G. HEYER/J. KREMS/G. GÖRZ (Hrsg.): Wissensarten und ihre Darstellung. Heidelberg 1988, S. 130–154.
- ZIMMER, H. D.: Sprache und Bildwahrnehmung. Frankfurt a. M. 1988.

*Abstract*

In this empirical study graphic representations were varied along the dimensions "elaborateness" and "structuredness" and examined as to their suitability for knowledge acquisition in primary grades. The theoretical framework is provided by the concept of mental models which seems suited for a clarification of the relation between external presentation and internal representation of knowledge. The propositions are linked with psychological reflections on the format and the processes of both the construction and the reconstruction of internal representations. Since a complete randomization of the students was impossible reading ability was included as a variable in group formation. The regression-analytical evaluation showed that students who learned with both highly elaborated and highly structured pictures performed best. For a more detailed interpretation qualitative results of individual students were furthermore evaluated by means of a specific method of the graphic representation of thinking processes.

*Anschrift der Autorin:*

Sabine Martschinke, Institut für Grundschulforschung, Universität Erlangen-Nürnberg,  
Regensburger Str. 160, 90478 Nürnberg